

Bevaring i Åmosen – hvor vådt er vådt nok?



Medarbejdere fra Nationalmuseet undersøger bevaringsforholdene ved bopladsen Spangkonge i Store Åmose. Foto T. Alstrøm.

Sammendrag

Der er foretaget en række undersøgelser i den østlige del af Åmosen for at klarlægge bevaringsforholdene for udvalgte stenalderbopladser i området. Undersøgelserne omfatter blandt andet terrænkoter, vandstande, iltnedtrængning og pH forhold, og der er foretaget en sammenligning af bevaringstilstanden i 1970'erne og 80'erne med i dag. Ved flere af pladserne er forholdene kritiske, idet der sker en fortsat

nedbrydning af det arkæologiske fundmateriale som følge af en lav vandstand. Det vurderes samlet, at vandstanden selv på de tørreste somre skal ligge mindst 20 cm over kulturlagene for at bremse den igangværende nedbrydning.

*Forfattere:
Henning Matthiesen & Poul Jensen
In situ gruppen, Bevaringsafdelingen*

Bevaring i Åmosen – hvor vådt er vådt nok?

Åmosen er internationalt kendt for sine talrige og usædvanligt velbevarede stenalderfund. En række bopladser, offersteder og fiskepladser kom frem ved tørvegravning under og efter 2. Verdenskrig og blev udgravet af arkæologer fra Nationalmuseet. Udgravningerne gav rige fund af stammebåde, fiskeredskaber, våben, hytter, køkkenmøddinger med mere, og fundmaterialerne omfattede blandt andet flint, keramik, træ, nøddeskaller, dyrenogler, hjortetak, fiskeben, muslingeskaller og insektrester. Mest opsigtsvækkende var alle de organiske materialer, som udelukkende var bevaret på grund af det vandmættede og iltfrie miljø i mosen.

Op gennem 1960'erne blev store dele af Åmosen drænet, og de resterende arkæologiske fund er i dag hårdt truede på grund af den lave vandstand. Megen skade er allerede sket, og hvis nedbrydningen skal bremses, skal vandstanden i området hæves igen. Spørgsmålet er bare hvor meget? Hvor vådt er egentlig vådt nok? Her er man nødt til at se på de enkelte materialer og deres nuværende tilstand for at kunne give et kvalificeret bud.

Problemet med dræning

Ved dræning af tørvejerde sættes der gang i en række processer, som forringer bevaringsforholdene for det arkæologiske materiale. Nogle af processerne er kortvarige og ganske dramatiske, mens andre strækker sig over længere tid. For oversigtens skyld kan de deles op i nogle hovedprocesser (fig. 2):

Afvanding og sætning: Tørv er meget porøs og består af 80-97% vand. Når en mose drænes, ændrer tørvens struktur og synker sammen. Det er en meget hurtig proces, som kan sænke mosens overflade betydeligt på få måneder. Selv jordlag langt under det nye vandspejl kan blive presset sammen – vand hjælper nemlig med at "bære" jordens vægt gennem opdrift, så når grundvandsspejlet sænkes, øges trykket på de dybereliggende lag. For de arkæologiske fund betyder det, at kulturlagene bliver presset sammen, så forskellige bosættelsesfaser kan være sværere at skelne fra hinanden. Meget skrøbelige genstande kan blive klemte flade eller knække, men ellers vil hele det arkæologiske

Fig. 1: Åmosen anno 1956, hvor arkæologer arbejder side om side med tørvegravere. I baggrunden skovles tørv fra smuldharvning. Foto: J. Troels-Smith.



genstandsmateriale være bevaret, bare i en mere kompakteret form.

Udtørring og svind: I varme og tørre perioder forsvinder der yderligere vand ud af jorden gennem fordampning, og tørven trækker sig sammen. Det giver sprækker ned gennem tørven og kulturlagene, som tillader at materiale fra de øvre lag "drysser" ned til de underliggende lag. En øget aktivitet fra blandt andet muldvarpe og regnorme i tørre jorde kan ligeledes give opblanding af lagene og et mekanisk slid (bioturbation). Arkæologisk træ er specielt sårbart overfor udtørring, idet det selv trækker sig sammen og kollapser.

Omsætning af organisk materiale: Når vandet fjernes fra tørven, øges tilførselen af ilt med op til 10.000 gange. Det giver en stærkt forøget omsætning af det organiske materiale, både i tørven og i kulturlagene. Processen kan strække sig over mange år, og i sidste ende vil der kun være uorganiske arkæologiske fund tilbage, så som flint, keramik og den uorganiske del af skaller og knogler.

Forsuring: Samtidigt med omsætningen kan der ske en forsuring af jorden, idet der dannes syre ved iltning af det organiske materiale og forskellige svovlforbindelser i tørven. En sådan forsuring kan fjerne nogle af de uorganiske arkæologiske rester, idet både kalk og apatit fra henholdsvis skaller og knogler kan gå i opløsning under sure forhold. Sluttetilstanden kan således blive, at kun flinten og keramikken er bevaret af det righoldige arkæologiske materiale.

Status Quo i Åmosen

Under projektet "Det agrare landskab" har der har været foretaget en række undersøgelser i Åmosen for at vurdere, hvor langt nedbrydningen er fremskreden, hvor meget der endnu kan reddes, og effekten af tidligere beskyttelsesforanstaltninger. Undersøgelserne har primært fokuseret på nogle bopladser i Kongemose i den østlige del af Store Åmose (fig. 3). Pladserne syd for åen blev fredet i 1993, og drænrør i området blev afbrudt i 1995, mens Præstelyng nord for åen ikke er omfattet af fredningen.

Undersøgelserne har blandt andet omfattet målinger af vandstanden ved tre bopladser indenfor det fredede område, kaldet Åkonge, Vejkinge og Spangkinge. Fig. 4 viser variationerne i perioden 2000-2001. Ved Spangkinge er der en lavvandet sø det meste af året, men på de to andre bopladser ligger grundvandsspejlet 30-130 cm under jordoverfladen med betydelige sæsonvariationer. Både ved Vejkinge og Åkonge ligger dele af eller hele kulturlaget over grundvandsspejlet store dele af året, og afbrydelsen af dræn i området har altså ikke været tilstrækkeligt til at sikre en høj vandstand året rundt.

Afvanding og sætning: Fig. 5 viser, hvordan jordoverfladen har sat sig i Åmosen gennem de sidste 60 år som følge af tørvegravning og dræning. De mest dramatiske sætninger sker umiddelbart efter den første afvanding, som for Spangkongens vedkommende finder sted i 1960 (fig. 5a). Allerede i 1968 er det nødvendigt at lægge nye drænrør, fordi området har sat sig

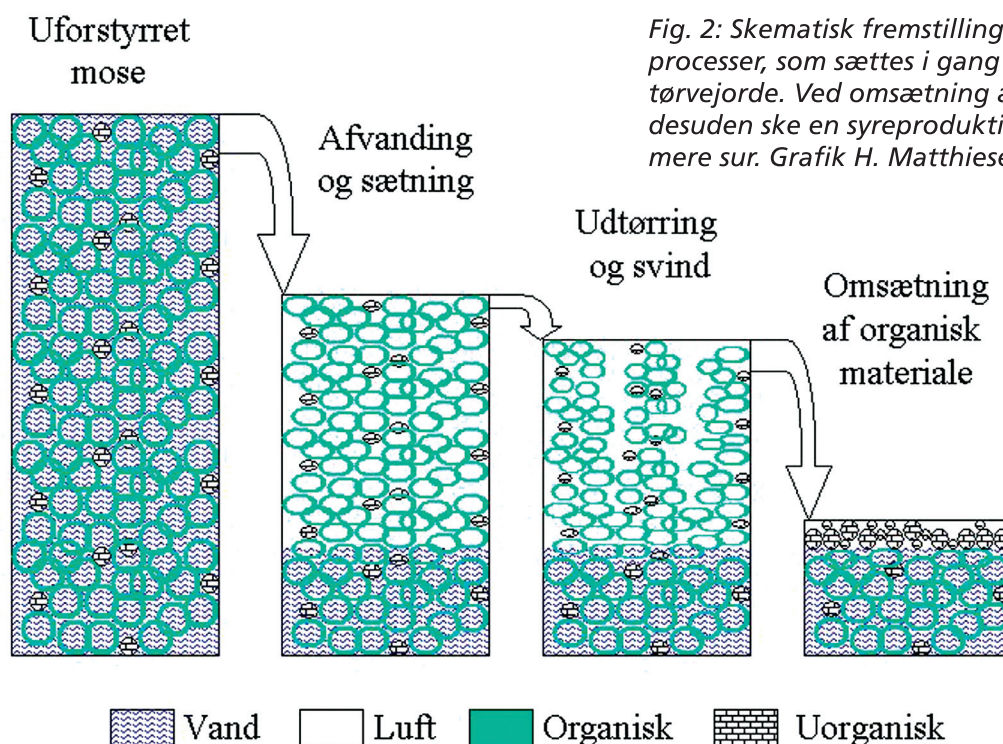


Fig. 2: Skematisk fremstilling af de forskellige processer, som sættes i gang ved dræning af tørvejorde. Ved omsætning af tørven kan der desuden ske en syreproduktion, som gør jorden mere sur. Grafik H. Matthiesen.

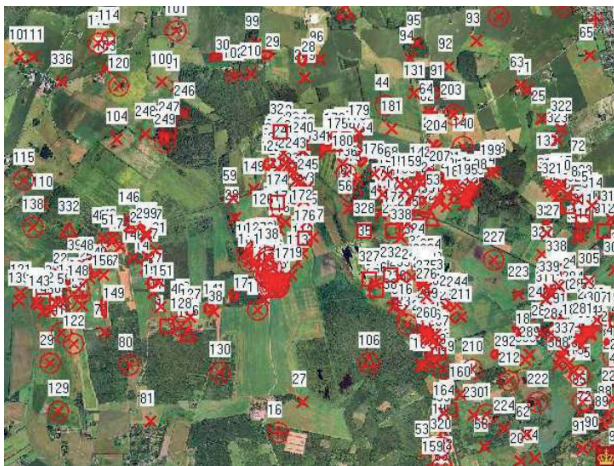


Fig. 3: Luftfoto af undersøgelsesområdet i den østlige del af Åmosen. På billedet til venstre er markeret alle de enkeltfund og pladser, som er registreret i området (fra Det Kulturhistoriske Centralregister www.dkconline.dk). Til højre er markeret de lokaliteter, som er omtalt i denne rapport. Åmose Å ses som et mørkt bånd hen over billedet til højre. Fredningsgrænsen er markeret med rød, mens de blå krydser viser en nivelleringslinje opmålt i 1950 og igen i 2001.

så meget, at jorden igen er vandlidende. Det samme er tilfældet igen i 1981. Sætningerne i forbindelse med de to sidste afvandinger er ikke helt så dramatiske som i 1960, og det må formodes, at processen er afsluttet. Det vil sige, at der ikke længere sker nogen rent fysisk sammenpresning af tørven i Åmosen, med mindre der drænes dybere i området.

Udtørring og svind: Tørkesprækker er udbredte i Åmosen, hvor de kan nå hele vejen ned gennem kulturlagene (fig. 6). Der er i 2001 foretaget nogle sammenlignende gravninger i Åmosen, hvor to tidligere udgravninger blev genåbnet for at vurdere en eventuel udvikling i bevaringstilstanden. På Præstelyng-bopladsen blev profiler opmålt under udgravningen i 1970, efter at området var blevet drænet i 1968. På Åkonge-bopladsen blev profilerne opmålt i 1985, 25 år efter

Fig. 4: Vandstandsmålinger i perioden 2000-2001. Den præcise dybde til kulturlagene varierer, og nogle steder ligger de mindre end 50 cm under jordoverfladen.

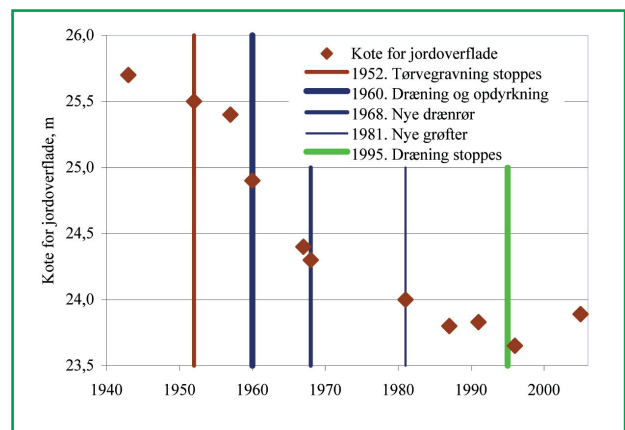
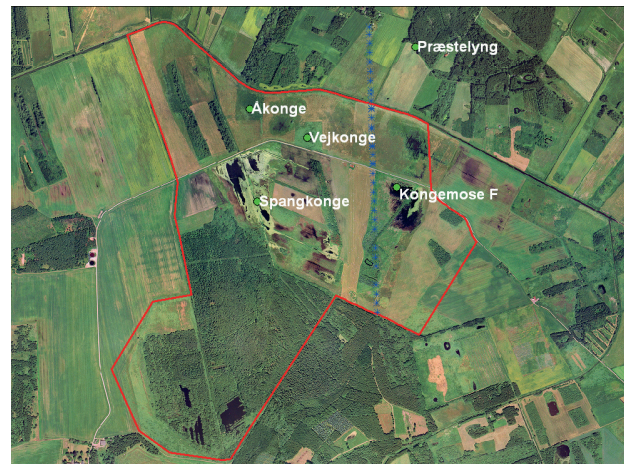
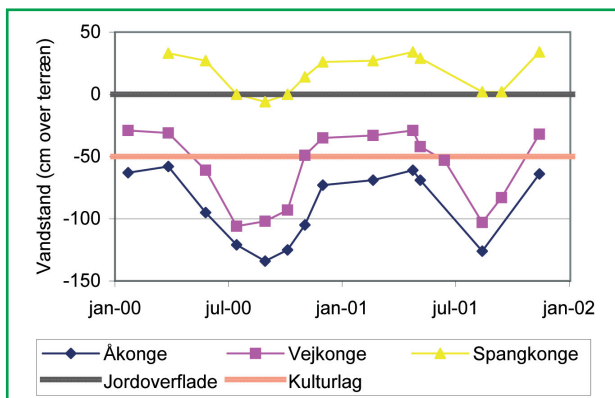
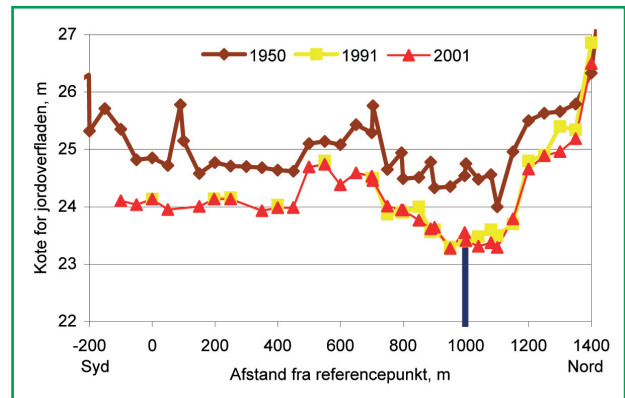


Fig. 5a: Kote for jordoverfladen ved Spangkonge i Åmosen har ændret sig betragteligt gennem de sidste 60 år. Data fra Fischer (1987) og Kulturarvsstyrelsen.

Fig. 5b: Ændring i kote for jordoverfladen tværs over Åmosen – nivelleringslinjen er markeret på figur 3. Placeringen af Åmose Å er vist med en blå søjle, og vandstanden i åen på det pågældende sted svinger i dag mellem kote 21,8 og 23,5. Data fra Kulturarvsstyrelsen og Nationalmuseets Naturvidenskabelige Undersøgelser.





Figur 6: Tørkesprækker skyldes jordens sammentrækning ved udtørring. Billedet viser en profil fra Præstelyng i 2001, hvor sprækkerne når hele vejen gennem tørven og kulturlagene og ned i den underliggende søkalk. Foto T. Alstrøm.

at området blev drænet første gang. I begge tilfælde viste den fornyede opgravning i 2001 en udvikling i omfanget af tørkesprækker - de var blevet betydeligt bredere og nåede længere ned i 2001 end ved de tidligere udgravninger. Dannelsen og udvidelsen af tørkesprækker er formentlig ikke stoppet, men finder stadig sted under tørre og varme somre, hvor vandspejlet når langt ned i og i nogle tilfælde endda under kulturlagene.

Trægenstande i området har også lidt under udtørring – fig. 7 viser eksempler på træ fra Præstelyngen udgravet i hhv. 1970 (2 år efter dræning) og i 2001 (33 år efter dræning). Processen er hurtig, når først jorden tørrer ud, og det må forventes, at det meste arkæologiske træ, som har ligget over grundvandsspejlet, allerede er kollapsede. Problemet er dog specifikt for træ og berører ikke de øvrige fundmaterialer.

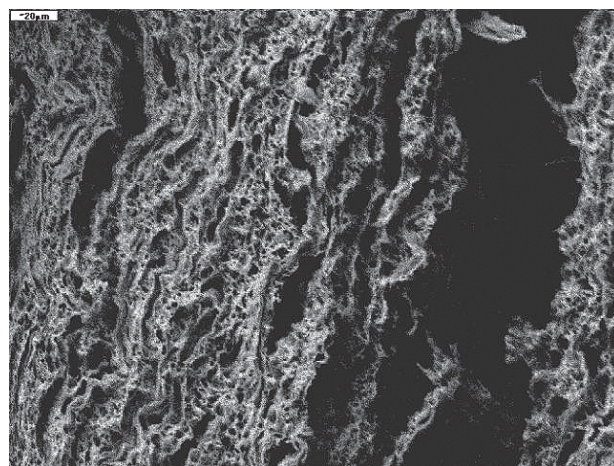
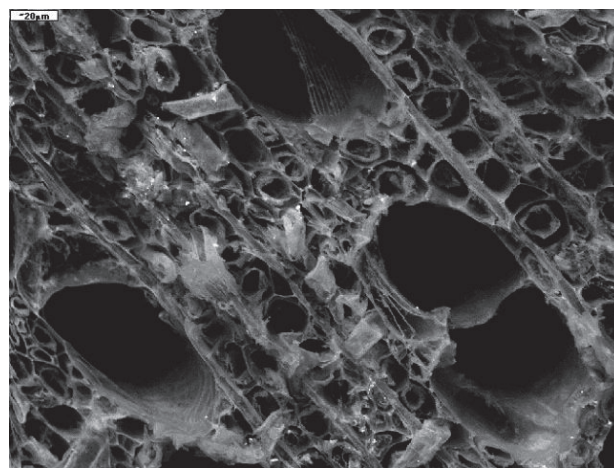
Omsætning af organisk materiale: Der er foretaget iltmålinger ned gennem tørvelagene i Åmosen ved 6 lejligheder i 2000-01 (fig. 8). Den anvendte metode er under udvikling og forbundet med en vis usikkerhed, men overordnet set går samme billede igen ved alle målinger: Koncentrationen af ilt falder ned gennem jordlagene, ned mod grundvandsspejlet. Vandspejlet udgør en meget markant grænse, idet der er målt høje koncentrationer få cm over grundvandet, mens iltten er forsvundet allerede nogle få cm under vandspejlet. Samtidig foregår transporten af ilt op til 10.000 gange hurtigere over grundvandsspejlet end under. Iltten øger nedbrydningshastigheden meget betydeligt sammenlignet med iltfrie forhold, og for eksempel angreb fra svampe kan kun finde sted, når der er ilt til stede.

Fig. 7: Foto og elektronmikroskop-billeder af to træstykker udgravet på Præstelyng-bopladsen med 31 års mellemrum, i hhv. 1970 og 2001. Området blev drænet i 1968.

Arkæologiske trægenstande, som de viste, kan bestå af op til 95% vand, og cellerne i træstykket på øverste billede til venstre og på SEM billedet i midten er helt fyldt op med vand.

Når vandet fjernes ved dræning, og træet tørrer, trækker cellerne sig sammen og kolliderer, som vist på øverste billede til højre og på SEM billedet nederst.

Træstykkerne er ca. 4 cm høje, og bredden på SEM billederne ca. 0,3 mm. Foto H. Matthiesen og U. Schnell.



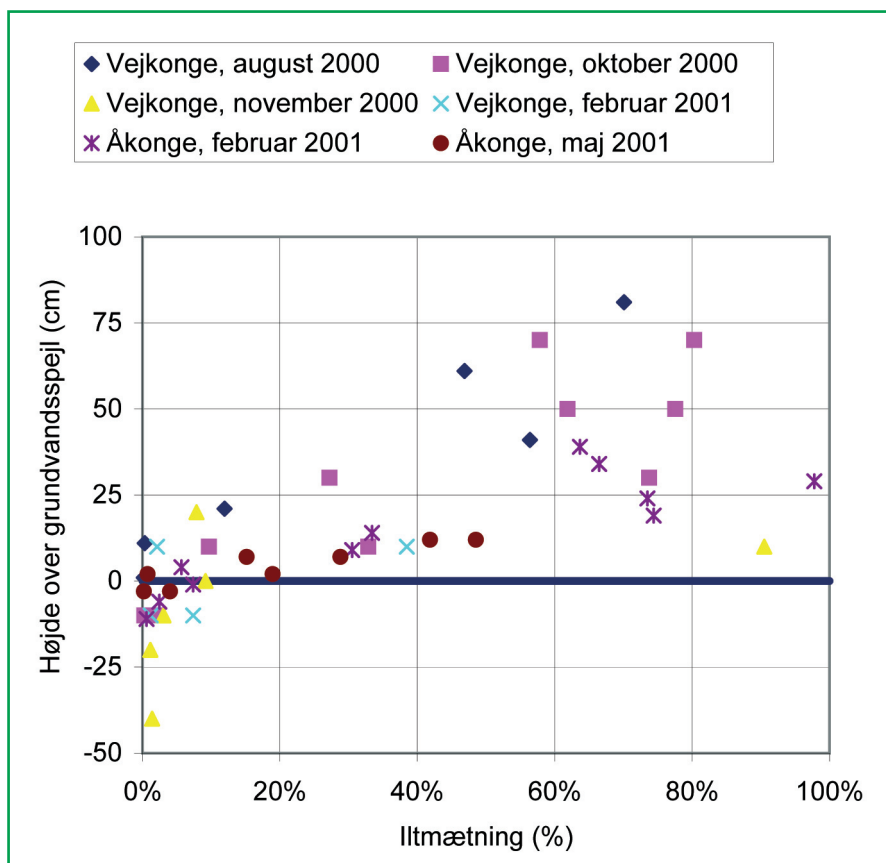


Fig. 8: Koncentrationen af ilt er målt både over og under grundvandsspejlet ved flere lejligheder. På figuren er grundvandsspejlet markeret med en tyk blå linie. Koncentrationerne er angivet som % iltmætning, dvs. hvor meget ilt er der tilstede i forhold til det maksimale, "mættede" indhold. 100% svarer til indholdet i atmosfæren eller i vand gennemboblet med atmosfærisk luft.

Omsætningen af det organiske materiale i kulturlagene viser sig blandt andet derved, at lagene bliver mørke og svære at skelne fra hinanden, plante- og dyrerester nedbrydes, genstande af træ ødelægges af svampe, kollagen forsvinder fra knogler mm. Der er her tale om et direkte tab af arkæologisk information og ikke blot en "kompaktering". Omsætning af selve tørv (også kaldet koldforbrænding) giver endvidere en sætning af området, som ligger ud over den allerede omtalte fysiske sætning. De forskellige bidrag kan være svære at adskille, men det anslås, at koldforbrændingen giver en sætning af størrelsesorden en til nogle få cm om året (Heatwaite, 1990) afhængigt af grundvandstanden, omfanget af pløjning og eventuel gødskning af området. Denne omsætning af det organiske materiale er ikke afsluttet, men finder stadig sted i Åmosen. Hvis omsætningen skal bremses, kræves en hævn af vandstanden.

Forsuring: Forsuring af jorden på grund af dræning er ikke målt systematisk i Åmosen, men fænomenet er velkendt fra dræning i andre vådområder. I forbindelse med udgravningerne i 2001 blev der målt detaljerede pH profiler ned gennem kulturlagene tre forskellige steder (fig. 9). Alle gav omtrent samme billede: Øverst var et tørvlag med iblandet kalk (fra tidligere udgravninger eller dyrkning) med neutrale pH værdier

på 7-7½. Herunder et gytjelag eller kulturlag med pH værdier på 5-6. Herunder i nogle tilfælde et lag med skaller og nederst søkalk, hvor pH steg til 8. Med hensyn til bevaringsforhold så var det karakteristisk, at i de øverste skallag havde skallerne helt mistet deres kalkindhold, så der kun var en tynd organisk hinde tilbage af dem. Der er formentlig tale om en indirekte effekt fra dræningen, idet omsætningen af tørv/gytje giver en vis syreproduktion, som kan opløse kalk. Knoglematerialet er ikke undersøgt i den sammenhæng, men ligesom skaller indeholder knogler en kalkdel (apatit), der kan opløses af syre. Det vurderes, at opløsning af kalkdele i skaller og knogler kan være i gang flere steder i Åmosen, men en endelig vurdering af omfang og hastighed vil kræve yderligere undersøgelser. Ud fra en summarisk visuel bedømmelse virker knoglematerialet endnu forholdsvis velbevaret ved Præstelyng og Åkonge.

Fremtidig bevaring?

En indsats for at bevare de arkæologiske fund i Åmosen må fokusere på at bremse de igangværende nedbrydningsprocesser, dvs. udviklingen af tørkesprækker, omsætningen af det organiske materiale samt forsuringen. Et stop for pløjning og gødskning kan formentlig reducere omsætningen noget, men ellers handler det i alle tre

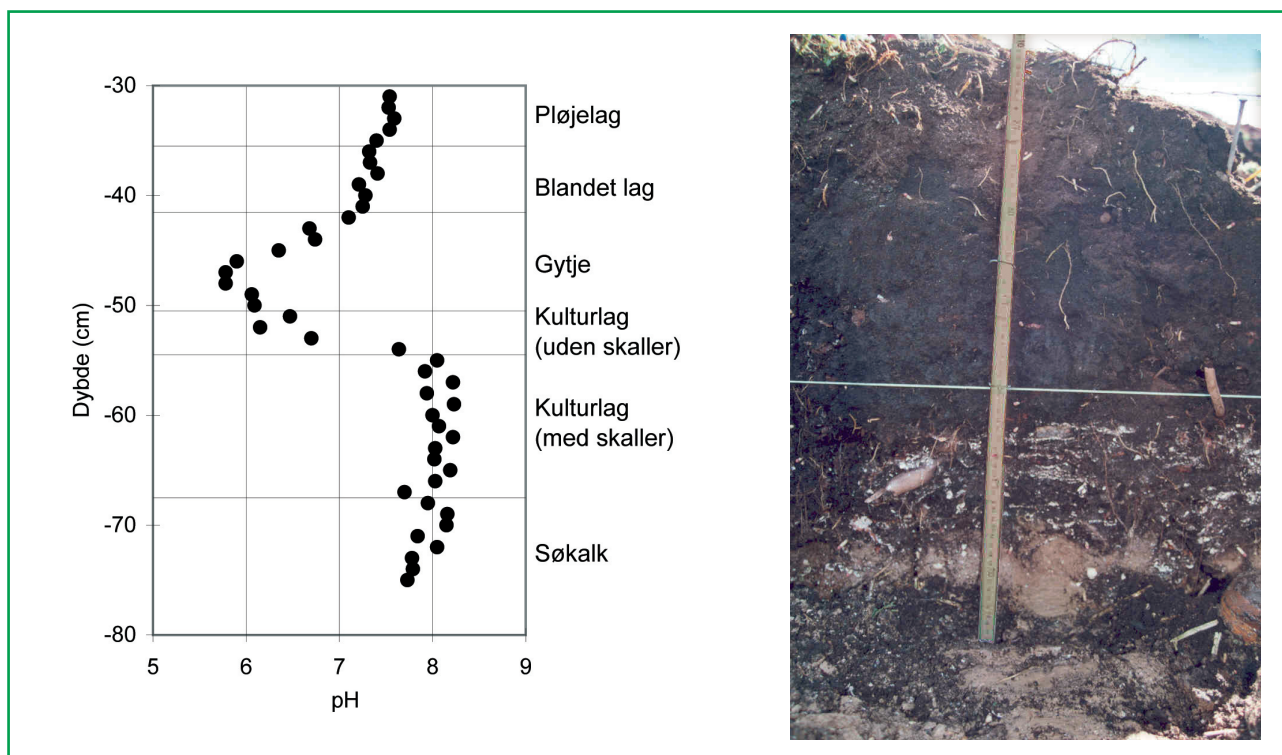


Fig. 9. Eksempel på pH-profil ned gennem de forskellige jordlag fra udgravning i en køkkenmødding på Åkonge-bopladsen i maj 2001. Det viste sig at jorden lige over kulturlaget var relativt sur, og at kalken i muslingeskallerne umiddelbart nedenunder var blevet opløst. De dybereliggende kulturlag med skaller og søkalken var som forventet basiske. Pløjelaget var ligeledes basisk, formentlig på grund af tilført søkalk fra tidligere udgravninger. Det formodes, at opløsningen af muslingeskallerne i toppen af kulturlaget hænger sammen med forsureningen i gytjen ovenover. Foto H. Matthiesen.

tilfælde om at hæve vandstanden i området. Spørgsmålet er hvor meget – hvor vådt er egentlig vådt nok? Det er vigtigt at få afklaret, om der for eksempel er en vis "beskyttet zone" over grundvandspejlet, hvor kapilært opsuget vand kan hindre nedbrydning af det arkæologiske materiale.

Fig. 8 viser, at der faktisk kommer ilt helt ned til grundvandspejlet og endda nogle få cm under. Det betyder, at der kan ske omsætning af det organiske materiale i disse fugtige, men ikke vandmættede lag, og man kan ikke regne med en "beskyttet zone" over vandspejlet. Kulturlagene skal altså til enhver tid være dækkede af vand. Det må endog anbefales, at vandstanden er noget højere, så en eventuel nedbrydning ved vandspejlet ikke finder sted i selve kulturlaget, men i den ovenliggende tørv/gytje.

En sådan vandstandshævning vil samtidig standse udvidelsen af tørkesprækker nede i selve kulturlagene. Der kan ske en mindre opkvældning af lagene, uden at det dog på nogen måde kan "reparere" de tørkesprækker, der allerede er opstået. Med hensyn til forsureningen, så vil den formentlig standse i de lag, der bliver vand-

mættede, og pH værdien svinge tilbage til det neutrale område (Kirk 2004). pH målinger i en sammenlignelig mose med højere vandstand har således vist pH værdier mellem 6 og 7, hvilket er mere gunstigt for bevaringen af knogler og skaller (Matthiesen 2004). Igen kan der anbefales en vis bufferzone over kulturlagene, så der ikke ligger sure jordlag lige ovenpå køkkenmøddinger og knogler. Den nødvendige tykkelse af "bufferzonen" kan ikke forudses præcist, men 20 cm kan foreslås som en første vurdering, der siden kan revurderes ud fra overvågning i området.

Det vurderes altså samlet, at vandstanden selv på den tørreste sommer skal ligge mindst 20 cm over det højest liggende kulturlag for at bremse den igangværende nedbrydning.

Succeskriteriet for en vandstandshævning i Åmosen skal nødvendigvis være den lokale grundvandstand målt på de enkelte bopladser, og det ligger uden for denne rapports rammer at vurdere, hvordan en sådan vandstandshævning kan opnås. En hævnning af vandstanden vil også kunne få andre effekter i området, som bør tages med i en samlet vurdering af bevaringsforholdene:

De steder, hvor grundvandet kommer til at ligge meget tæt på eller over jordoverfladen, kan der ske en fornyet tilvækst af tørv. Det vil med tiden øge tykkelsen af tørvelaget over kulturlagene og være med til at beskytte dem. De seneste målinger i figur 5a viser således, hvordan sætningskurven er "knækket" ved Spangkongen, idet jordoverfladen har hævet sig med adskillige cm siden afbrydelsen af drænrør i 1995. I andre områder, hvor grundvandet fortsat ligger mere end 20-30 cm under jordoverfladen, forventes en fortsat koldforbrænding og sætning af de øverste cm af tørven (Heathwaite 1993).

Ved dannelse af åbne søer vil der være en risiko for, at der kommer en vis erosion af søbunden fra bølger. Umiddelbart vurderes det, at risikoen

for at erosionen når helt ned til kulturlagene er ringe, men det bør overvåges ved de kendte bopladser, så man om nødvendigt kan gribe ind med tildækning.

Vegetationen vil ændre sig i området, og der skal holdes øje med eventuelle arter med lange rødder eller rhizomer, som kan gennemtrænge kulturlagene. Det kan blive nødvendigt at bekæmpe sådanne arter med slåning eller lignende.

Endelig anbefales det at følge op med et overvågningsprogram i området, hvor bevaringsforhold, vandstand, iltindtrængning, pH, tørvetilvækst og eventuel indvandring af vegetation med dybtgående rødder følges ved bopladserne.

Baggrundslitteratur

Nærværende rapport er skrevet af Henning Matthiesen & Poul Jensen fra Nationalmuseets in situ gruppe. Den er til dels baseret på resultater fra Tanja Alstrøms Ph.D. studie under projektet "Det agrare Landskab" 2000-2003. Desuden er benyttet resultater venligst stillet til rådighed fra Charlie Christensen, Nationalmuseet, og Anders Fischer, Kulturarvsstyrelsen.

Alstrøm, T. (2002). The use of micro sensors for measurements of environmental parameters in wetland areas. I: P. Hoffmann, J.A. Spriggs, T. Grant, C. Cook, & A. Recht (red.) *Proceedings of the WOAM conference*, June 2001 in Stockholm. ICOM-CC, 225-229.

Alstrøm, T. & Jensen, P. (2003). Organiske materialer. I: Holst, M.K (red.) *Oldsagers og gravhøjes bevaringstilstand på landbrugets arealer. Slutrapport for de arkæologiske delprojekter under "Det agrare landskab"*. Nationalmuseet, 29-44.

Brunning, R., Hogan, D., Jones, J., Jones, M., Maltby, E., Robinson, M. & Straker, V. (2000). Saving the Sweet Track. The in situ preservation of a neolithic wooden trackway, Somerset, UK. *Conservation and Management of Archaeological Sites* 4, 3-20.

Fischer, A. (1986). Udgravning på stenalderbo-pladsen Åkonge i 1985. NM I j.nr. 4886/83, Nationalmuseet.

Fischer, A. (1987). Udgravning af stenalderbo-pladsen Spangkonge i Store Åmose. Museet for Holbæk og omegn, j.nr. 146/87.

Heathwaite, A.L. & Göttlich, K. (1993). *Mires: Process, Exploitation and Conservation*. Chichester: John Wiley and Sons.

Jensen, P., Alstrøm, T. & Schnell, U. (2002) Archaeological Wood from Åmosen. Densities and shrinkage in relation to in situ conservation. Nationalmuseet, Bevaringsafdelingen. Intern rapport.

Jørgensen, A., Sandby, J., Fischer, A. & Ovesen, C.H. (2001). *Åmosen – Vestsjællands Grønne Hjerter. Handlingsplan for naturgenopretning og beskyttelse af kulturmiljøet i den østre del af Store Åmose*. Skov- og Naturstyrelsen og Vestsjællands Amt.

Jørgensen, G. & Botfeldt, K. (1985). *Knogler, tak, tænder, skaller og hornmaterialer. Struktur, nedbrydning og konservering*. Konservatorskolen.

Kirk, G. (2004). *The biogeochemistry of submerged soils*. Wiley.

Matthiesen, H. (2004). In situ measurement of soil pH. *Journal of Archaeological Science* 31, 1373-1381.

Matthiesen, H. (2005) Målinger af ilt i jorden i Åmosen, 2000-2001. Nationalmuseet, Bevaringsafdelingen, intern rapport.

van Heeringen, R.M., Mauro, G.V. & Smit, A. (2004). *A pilot study on the monitoring of the physical quality of three archaeological sites at the UNESCO World Heritage site at Schokland, Province of Flevoland, the Netherlands*. Amersfoort: National Service for Archaeological Heritage NAR - Nederlandse Archaeologische Rapporten.